

TITLE OF THE INVENTION

LIQUID CRYSTAL DISPLAY ELEMENT AND LIQUID CRYSTAL DISPLAY APPARATUS

CROSS-REFERENCE TO RELATED APPLICATIONS

- 5 本出願は、日本出願である特許2000-081622号(2000年3月23日出願)、特許2000-118942号(2000年4月20日出願)および特許2000-335267号(2000年11月1日出願)のそれぞれの明細書、クレーム、図面および要約のすべてを引用することにより、それらのすべての開示を含むものである(The entire disclosure of Japanese Patent Application No. 2000-81622 filed on March 23, 2000, No. 2000-118942 filed on April 20, 2000 and No. 2000-335267 filed on November 1, 2000, including specification, claims, drawings and summary are incorporated herein by reference in their entirety.)。
- 10

BACKGROUND OF THE INVENTION

Field of the Invention

本発明は、メモリ性を有する液晶層を備えた液晶表示素子およびそれを用いた液晶表示装置に関する。

Description of the Background

- 現在、TN、STN、TFT液晶表示素子が広く使用されている。これらの液晶表示素子は、所定の駆動を常時行って表示を行うものである。これに対し、メモリ性の動作を有する反強誘電性液晶表示素子(以下、AF-LCDという。)や、コレステリックまたはカイラルネマチック液晶表示素子(以下、CL-LCDという。)が注目され、その実用化が検討されている。
- 20

AF-LCDの動作原理は、Proc. Japan Display 1989, 26(1989)に示されている。その基本動作は、強誘電性状態の液晶層が外部から印加される電圧の極性に依じて、第1のブックシェルフ状態(+F)と、第2のブックシェルフ状態(-F)とをとりえることである。そして、両者

および反強誘電状態の間を、電圧の印加によって安定に転移して、三つの状態に応じた表示が得られる。

5 一对の偏光板と組み合わせて、反強誘電状態で黒を、二つの強誘電状態（+F または -F）で白の表示を行うように構成する。AF-LCDにおいて、その液晶セルを形成する際に、表示面全体が一様な液晶配向をもつことが必須である。通常、液晶層に高電圧を数秒程度印加して、液晶層の配向を揃えるための通電処理を行う。

CL-LCDの動作原理はUS 3 9 3 6 8 1 5やUS 4 0 9 7 1 2 7に示されている。基本的に、入射光の一部を選択反射するブレナー状態（以下、PL状態という。）および入射光を散乱させるフォーカルコニック状態（以下、FC状態という。）の少なくとも2状態で安定であり、各状態の間を転移できる。図1に素子の断面構造の一例を示す。偏光板を用いずに表示を行う。

15 そして、CL-LCDは一旦電圧を印加して所定の表示状態に置いた後に、電源を遮断しても、その表示状態が維持される。AF-LCDでは保持電圧の印加が必要であるが同様に表示状態を保持できる。

CL-LCDにおいて、保持された表示状態を他の表示状態に転移させるには、再度所定の電圧を印加すればよい。その際に、一旦表示面の全面を消去してから、次の表示に必要な電圧を印加することが好ましい。

20 すなわち、使用上の観点から直前の表示を完全に消去した後に、新しい表示に書き換えることが好ましい。通常、表示面全体をFC状態にすることで、液晶表示素子が背景色（黒などの暗色）を呈する状態に置く。その後、所望の画素をPL状態にすることで、明るい輝度レベルの線画を描いて、表示を行うのが一般的である。

しかし、外力により表示状態がFC状態からPL状態に変化することがある。

25 たとえば、CL-LCDの表示面に他の物体や、使用する人間の手が直接触れることでこの変化が起きる場合である。または、使用中に表示面に直接手で触れることがない場合でも、表示装置のなかに液晶表示素子を組み込む際に、外力が表示面に印加される可能性がある。

対向配置された行電極（X電極）と列電極（Y電極）とに直接挟持された液晶

領域は、所定の電圧を再度印加することにより、外力によって変化した表示内容を復元できる。しかし、直接電圧を印加できない線間部分に位置する液晶領域は、その配向状態を任意に制御できない。

したがって、外力で線間部分がPL状態（動作的には反射状態）になると、線間部分の表示変化を復元しにくいという問題が生ずる。つまり、再度の書き込みを行い、電極に挟持された液晶領域の表示状態を復元させても、線間部分は依然として反射状態を保持するので、表示のコントラスト比が大幅に低下する。

また、暗い背景部に明るい表示を行うネガ表示モードで、セグメント表示を行う場合も同様である。外力で線間部分がPL状態になると、再度の書き込みを行っても、線間部分は依然として反射状態である。そのため、黒表示となるべき部分でも表示電極の縁に沿って反射状態になり、本来の表示を視認しにくくなる。

図5にその表示状態を示す。図5(A)では、「6」の表示を行っているときに、外力が印加されて右上のセグメント部の液晶配列に乱れが生じた様子を示す。外力の印加がなくなった後に、再び「6」の表示を行うように書き込みを行っても、図5(B)に示すようになり、セグメントの縁が色付いて視認される。この六角形の縁状部分が電極のない「線間部分」であり、その液晶領域の配列が乱れているためである。

次に、AF-LCDについて説明をする。図6にAF-LCD50の断面構造を示す。表側偏光板9、表側基板3、中間層8、表側電極31、液晶層5、周辺シール4、裏側電極21、裏側基板2および裏側偏光板7を備えている。図7はAF-LCDにおける電界印加と透過光強度の関係を示すグラフおよび液晶層の3つの配向状態を示す。

このAF-LCDにおいては液晶セルの面内配向処理を行うことが必須である。また、いったん配向処理をした後でも、外力の印加や温度変化などの外部要因で、配向乱れが生ずることがある。通電処理で液晶を再配向させるためにも、液晶を安定に、かつ一様に配列させるような素子構造が必要となる。

このように、メモリー型液晶表示素子に特有な問題が生ずるが、ブラックマスク（以下、BMという。）を用いて解決することが考えられる。表示面側の電極基板の線間部分にBMを配置して、液晶の配向状態に影響を受けないように、線

間部分を常に黒色にするのである。

しかし、この手法ではBMと電極との位置合わせに高精度の技術を要する。また、開口率の低下により反射時の明るさが低下する。また、BMの形成には新たな工程が必須となり、生産性が低下し、さらに生産コストも上昇する。

- 5 本発明においては、従来の製造方法を大きく変更することなく、すぐれた機能を有する液晶表示素子および液晶表示装置を得ようとするものである。

SUMMARY OF THE INVENTION

- 10 本発明の第1の態様は、表側電極を備えた表側基板と、裏側電極を備えた裏側基板との間に液晶層が挟持され、液晶層は複数の表示状態を有し、電極間に印加される電圧によって表示状態が転移され、表示状態のうちの少なくとも1状態が安定に保持されてなる液晶表示素子において、表側電極と表側基板との少なくとも一部は透明とされ、表側電極または裏側電極はそれぞれの基板面において、複数の電極領域に分割され、隣接する電極領域の最大間隔 a (μm) と、液晶層の厚み d (μm) とが、 $1.0 \cdot d \leq a \leq 4.0 \cdot d$ の関係式を満足することを特徴とする液晶表示素子を提供する。

- 15 また、第2の態様は、表側電極を備えた表側基板と、裏側電極を備えた裏側基板との間に液晶層が挟持され、液晶層は複数の表示状態を有し、電極間に印加される電圧によって表示状態が転移され、表示状態のうちの少なくとも1状態が安定に保持されてなる液晶表示素子において、表側電極と表側基板との少なくとも一部は透明とされ、表側電極または裏側電極はそれぞれの基板面において、複数の電極領域に分割され、液晶層にカイラルネマチック液晶が用いられ、隣接する電極領域の最大間隔 a (μm) と、液晶層の厚み d (μm) と、表側電極と裏側電極に印加される電圧の最大実効電圧 V_{max} (V) とが、 $1.0 \cdot d \leq a \leq d \cdot V_{\text{max}} / 10$ の関係式を満足することを特徴とする液晶表示素子を提供する。

20 また、第3の態様は、 V_{max} が 4.8V 以下であり、かつ、 $2.5\mu\text{m} \leq d \leq 6.0\mu\text{m}$ である上記の第2の態様の液晶表示素子を提供する。

また、第4の態様は、表側電極の少なくとも一部が複数のセグメント電極に構成され、裏側電極がすべてのセグメント電極に対応配置された一つの共通電極、

または、裏側電極が複数のセグメント電極毎に対応配置された複数の共通電極である第2の態様の液晶表示素子を提供する。

- また、第5の態様は、表側電極の少なくとも一部がストライプ状電極であり、かつ、裏側電極の少なくとも一部がストライプ状電極であり、表側電極と裏側電極の各ストライプ状電極が基板面内で交差されるように配置されてなる第2の態様の液晶表示素子を提供する。

また、第6の態様は、ストライプ状電極の配置密度 L_d (本/mm) が、 $2 \leq L_d \leq 15$ である第5の態様の液晶表示素子を提供する。

- また、第7の態様は、裏側電極が反射電極である第4の態様の液晶表示素子を提供する。

また、第8の態様は、裏側電極が反射電極である第5の態様の液晶表示素子を提供する。

また、第9の態様は、パルス幅 T (ms) の電圧パルスが液晶層に印加され、 $10\text{ms} \leq T \leq 1000\text{ms}$ である第2の態様の液晶表示素子を提供する。

- また、第10の態様は、第2の態様の液晶表示素子が用いられ、セグメント表示および/またはドットマトリックス表示が行われ、数字および記号が表示されてなることを特徴とする液晶表示装置を提供する。

また、第11の態様は、公衆表示装置に用いられた第10の態様の液晶表示装置を提供する。

- また、第12の態様は、商品の料金および/または時刻を表示することを特徴とする第11の態様の液晶表示装置を提供する。

また、第13の態様は、乗り物の表示装置に用いられた第10の態様の液晶表示装置を提供する。

- また、第14の態様は、乗り物の速度表示および/または時刻を表示することを特徴とする第13の態様の液晶表示装置を提供する。

また、第15の態様は、表側電極を備えた表側基板と、裏側電極を備えた裏側基板との間に液晶層が挟持され、液晶層は複数の表示状態を有し、電極間に印加される電圧によって表示状態が転移され、表示状態のうちの少なくとも1状態が安定に保持されてなる液晶表示素子において、表側電極と表側基板との少なくとも

も一部は透明とされ、表側電極または裏側電極はそれぞれの基板面において、複数の電極領域に分割され、液晶層に反強誘電性液晶が用いられ、隣接する電極領域の最大間隔 a (μm) と、液晶層の厚み d (μm) と、表側電極と裏側電極に印加される電圧の最大電圧 V_{OP} (V) とが、 $1.0 \cdot d \leq a \leq d \cdot V_{OP} / 40$

5 の関係式を満足することを特徴とする液晶表示素子を提供する。

また、第 16 の態様は、 V_{OP} が 120V 以下であり、かつ、 $0.5\mu\text{m} \leq d \leq 6.0\mu\text{m}$ である第 15 の態様の液晶表示素子を提供する。

また、第 17 の態様は、表側電極の少なくとも一部が複数のセグメント電極に構成され、裏側電極がすべてのセグメント電極に対応配置された共通電極、また

10 は、裏側電極が複数のセグメント電極毎に対応配置された共通電極である第 15 の態様の液晶表示素子を提供する。

また、第 18 の態様は、表側電極の少なくとも一部がストライプ状電極であり、かつ、裏側電極の少なくとも一部がストライプ状電極であり、表側電極と裏側電極の各ストライプ状電極が基板面内で交差されて、ドットマトリックス表示が

15 行われてなる第 15 の態様の液晶表示素子を提供する。

また、第 19 の態様は、裏側電極が反射電極である第 17 の態様の液晶表示素子を提供する。

また、第 20 の態様は、裏側電極が反射電極である第 18 の態様の液晶表示素子を提供する。

20 また、第 21 の態様は、第 15 の態様の液晶表示素子を車両の表示装置に用いた液晶表示装置を提供する。

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

図 1 は本発明によるカイラルネマチック液晶表示素子の模式的断面図である。

25 図 2 は本発明によるカイラルネマチック液晶表示素子の実施例における行電極と列電極の交差パターンを示した一部拡大平面図である。

図 3 は各部の関係を示す模式的断面図である。

図 4 は実施例 2 のセグメント電極のパターンを示した平面図である。

図 5 は従来例におけるセグメント表示の状態を示す模式的平面図である。

図 6 は本発明の A F - L C D の模式的断面図である。

図 7 は A F - L C D における電界印加と透過光強度の関係と、3つの層状態との関係を示すグラフ。

図 8 は本発明による液晶表示装置を自動車の室内表示装置に用いた例を示す模式図である。

図 9 は本発明による液晶表示装置を案内表示装置として使用した例を示す模式図である。

図 10 は本発明による液晶表示装置を商品の価格表示装置に使用した例を示す模式図である。

DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

本発明においては、画素部分と線間部分の両方の液晶領域で、均一な配向状態が得られる。特にドットマトリクス表示においてコントラスト比の低下を回避できる。また、セグメント表示においては、画素の縁（線間）が反射状態になることによる、表示の誤認を防止できる。

本発明の好ましい態様によれば、C L - L C D の液晶層にはコレステリック液晶またはカイラルネマチック液晶が用いられ、A F - L C D の液晶層には、反強誘電性液晶が用いられる。

本発明は、セグメント表示などの非フルドット表示にも適用できるが、一定の面積内に線間部分が多いドットマトリクス表示の場合に、より大きな効果を呈する。たとえば、 100×400 、 200×600 ドットサイズのような中型～大型のサイズの場合に有用である。または、細い電極パターンを形成して、 $L_d \geq 6$ とし、高精彩表示を行う場合に、表示の視認性を十分に確保できる。

ここで、第1の基板と第2の基板間で対向配置された電極部分（交差部分）を画素部分とし、同一基板面内で互いに隣接する電極の間を線間部分と定義する。画素部分では対向電極により生ずる電界によって、液晶の配向が主として制御される。

これに対して、線間部分では少なくとも一方の基板側に電極が存在しないため、液晶の配向は様々な要因に影響されると考えられる。たとえば、電極のエッジ

部分における等電位面のゆがみによる漏れ電界や、電界によって決定された画素部分の液晶の配向状態および基板界面の配向規制力などである。

さらに、線順次駆動を行なう場合には、隣接する透明電極間で電位差が生じる。第1の基板と第2の基板の隣接する4本の電極間のいずれにおいても、等電位面に大きなゆがみが生ずる。この等電位面のゆがみも、線間部分での液晶の配向変化を引き起こす要因になる。

そのため、画素部分および線間部分の両方で、電界によって液晶の配向状態を制御するには、同一基板面内で隣接する電極領域の最大間隔 a と、液晶層の厚み d （液晶パネルのセルギャップとほぼ等しい。以下、層厚み d という。）とが、

1. $0 \cdot d \leq a \leq 4 \cdot d$ の関係式を満足することが必要となる。

カイラルネマチック液晶表示素子の場合には、1. $0 \cdot d \leq a \leq d \cdot V_{MAX}/10$ の関係式を満足することが必要である。また、反強誘電液晶表示素子の場合には、1. $0 \cdot d \leq a \leq d \cdot V_{OP}/40$ の関係式を満足することが必要である。

以下、カイラルネマチック液晶を駆動して表示を行う場合について説明する。選択画素に印加する電圧のパルス幅として、通常使用できる駆動装置で供給可能な電圧を想定する。すなわち、スタティック駆動の場合には1000ms以下のパルス幅で、最大実効電圧 $48V_{MAX}$ 以下の電圧パルス印加する。ドットマトリックス表示で線順次駆動を行う場合には、1列の選択時間が常温において、1000ms以下となる。

この場合、 $a > d \cdot V_{MAX}/10$ となる場合には、線間部分の液晶の配向状態を変化させることがきわめて困難となる。なぜなら、一定の駆動条件下で、層厚み d に対し、最大間隔 a が相対的に大きくなると、線間部分の液晶に作用する電界が弱くなるからである。

そして、特にドットマトリックス表示を行う場合、外力が加えられた液晶領域が反射状態（PL状態）に変化するので、FC状態で背景色を呈する際のバックグラウンド輝度が上昇する。このために表示のコントラスト比が低下する。またセグメント表示の場合には、本来視認されるべきではない部分が縁取りされて視認可能な状態となり、本来の表示そのものを視認しにくくなる傾向がある。

ただし、上記の関係式を満足しない場合であっても、高電圧を長い時間印加すれば、線間部分の液晶の配向状態を復帰させることもできる。たとえば、層厚み d が $4\text{ }\mu\text{m}$ で、最大間隔 a が $30\text{ }\mu\text{m}$ の場合でも、 60 V の電圧を 10 s 印加すれば、画素部分の配向状態（PL 状態）に追従するように、線間部分の液晶の配向状態を復元できる。

しかし、このような高電圧で CL-LCD を駆動することは困難である。また、液晶パネル面上で所望の表示を得るまでの時間がきわめて長くなり、表示素子として求められる基本的な機能を達成できないことになる。

反対に、隣接する電極領域の最大間隔 a が $4.0\text{ }\mu\text{m}$ 未満である場合には、ITO などの透明電極をパターンニング加工することが困難となる。電極間での短絡を生じる確率も高くなる。または、隣接する電極間に異物が入り、表示面内における短絡の発生の確率が高くなる。

このような理由により、本発明では上記の関係式を満足するように構成する。さらに、汎用の駆動 IC 等の駆動手段で駆動することを考慮して、CL-LCD の場合には、 $2.5\text{ }\mu\text{m} \leq d \leq 6.0\text{ }\mu\text{m}$ 、かつ、最大実効値電圧 $V_{\text{MAX}} \leq 48\text{ V}$ を満足することが好ましい。また、AF-LCD の場合には、 V_{OP} が 120 V 以下であり、かつ、 $0.5\text{ }\mu\text{m} \leq d \leq 6.0\text{ }\mu\text{m}$ であることが好ましい。

次に、本発明の液晶表示素子の構成について説明する。図 1 に示す液晶表示素子 1 は、第 1 の基板 2 と第 2 の基板 3 とを備えている。基板にはガラスまたはプラスチックを、電極には ITO を用いる。

後述する実施例 1 はフルドットマトリックス表示を行うものである。第 1 の基板 2 には、所定の間隔（線間幅）を有する複数の行電極 21 がストライプ状に平行配置される。第 2 の基板 3 にも、所定の間隔を有する複数の列電極 31 がストライプ状に平行配置される。なお、行電極 21 と列電極 31 との線間幅を等しく設けた。ストライプ状の電極が平行に配置された場合には最大間隔 a は線間幅と等しくなる。

本発明において、最大間隔 a とは、隣接する電極領域において、電界発生に影響を与えるような実効的な長さに相当する。電極の曲線部においては実効的な線間幅を想定すればよい。また、電極間隔が徐々に変化する場合には、実効的な

り、かつ最大となる線間距離を用いればよい。

実施例 2 はセグメント表示を行うものである。第 1 の基板 2 には、全面電極 2 1 が形成され、第 2 の基板 3 には、表示画素に対応する電極 3 1 および背景部に対応する電極 3 1 が形成されている。

5 第 1 の基板 2、第 2 の基板 3 の電極形成面上には、電気絶縁膜および配向膜がそれぞれ形成されている（図示を省略）。また、視感性の調整などの目的でいずれか一方の基板の内面側にカラーフィルタを設けてもよい。第 1 の基板 2 と第 2 の基板 3 は周辺シール材 4 を介して圧着され、基板間に液晶層 5 が封入されている。そして、電極と液晶との位置関係によって、線間部分 A、線間幅 a、画素部分 D、表示画素電極 D 1、背景画素電極 D 2 が設けられる（図 1、図 3、図 4 を参照）。

10 実施例 1、2 においては、第 2 の基板 3 に端子部 3 a が連設されており、端子部 3 a には引出電極群 3 2 が形成されている。第 2 の基板 3 の列電極 3 1 は、引出電極群 3 2 内の所定の電極に直接接続されているが、第 1 の基板 2 の行電極 2 1 は、周辺シール材 4 に含まれている導電ビーズなどのトランスファ材を介して引出電極群 3 2 内の所定の電極と導通がとられている。トランスファ材を使用せず、引出電極群を第 1 の基板、第 2 の基板にそれぞれ形成してもよい。

図 2 および図 3 に示すように、行電極 2 1 と列電極 3 1 の対向交差部 D が画素となる。線間部分は符号 A の領域である。このように、隣接する行電極 2 1、2

20 1 間、隣接する列電極 3 1、3 1 間が線間部分 A となる。

また、図 4 において、D 1 は表示セグメントに対応する電極部分、D 2 は背景部に位置する電極である。ここで、画素部分における層厚み d (μm) と、線間部分 A の幅（線間幅）とに着目する。すなわち、隣接する行電極 2 1 の間、または隣接する列電極 3 1 間の最大間隔を a (μm) とすると、本発明においては、

25 $1 \cdot 0 \cdot d \leq a \leq 4 \cdot 0 \cdot d$ の関係式を満足するように構成する。

カイラルネマチック液晶の場合には、 $1 \cdot 0 \cdot d \leq a \leq d \cdot V_{\text{MAX}} / 10$ を満足するように設ける。さらに、好ましくは、 $4 \cdot 0 \mu\text{m} \leq a$ 、かつ、 $2 \cdot 5 \mu\text{m} \leq d \leq 6 \cdot 0 \mu\text{m}$ 、最大実効値電圧 $V_{\text{MAX}} \leq 48 \text{ V}$ の関係式を同時に満足するようにする。

このように構成することにより、画素部分に位置する電極から、線間部分Aの液晶に対して、その配向状態を変化させるだけの電界強度を印加できる。なお、本発明は、フルドット表示型液晶表示素子のみならず、セグメント表示やドットキャラクタ表示などの液晶表示素子にも適用できる。

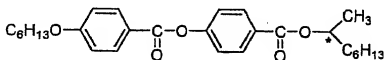
Example 1

ITOよりなる透明導電膜付き基板を2枚準備し、最大間隔aが $10\mu\text{m}$ となるようにエッチング形成して、各基板に160本のストライプ電極を配置した。そして、各基板の電極形成面側に電気絶縁層を形成した後、ポリイミドの樹脂溶液を塗布し焼成して配向膜を形成した。配向膜の表面にはラビングを施さずにし、そのままの状態で用いた。

この2枚の基板を、それらのストライプ電極が直交するように配置し、その対向面間に直径 $4\mu\text{m}$ のスペーサを撒布し、液晶注入口となる部分を除いて基板の4辺に、直径 $4\mu\text{m}$ の微量のグラスファイバーを含むエポキシ樹脂からなる周辺シール材を塗布し、2枚の基板を貼り合わせてセルを作製した。

次に、ネマチック液晶 ($T_c = 97^\circ\text{C}$, $\Delta n = 0.242$, $\Delta\epsilon = 13.8$) 66.5部、カイラル剤として、下記化学式1の光学活性物質16.75部および下記化学式2の光学活性物質16.75部を混合し、カイラルネマチック液晶組成物を調製した。

なお、液晶材料の種類とカイラル剤の種類、両者の混合比によってピッチを調整できる。そして、真空注入法を用いて、カイラルネマチック液晶組成物を液晶セル内に注入した後、注入口を光硬化性樹脂で封止し、液晶パネルを形成した。



この液晶パネルの裏側の基板面を艶消し用の黒色塗料で塗装し、電極取り出し部（端子部）に導電性粘着材付きの銅箔テープを貼ってストライプ電極を短絡状態とした。

5 このようにして形成したCL-LCDにおいて、PL状態では、一定の繰り返し周期（ピッチ）を持つねじれ構造の配向軸（ヘリカル軸）の平均的な方向が電極基板にほぼ垂直な方向となる。液晶のピッチ p と平均屈折率 n_{AVG} で決定される特定の波長 λ で選択反射が生ずる（ $\lambda = n_{\text{AVG}} \cdot p$ ）。

10 一方、FC状態では、ヘリカル軸が電極基板面に対してばらばらの方向を向いており、入射光の一部は散乱されるが大部分の光は透過する。そのため、背面側に設けた着色層の色が表側から観察される。

15 そして、液晶パネルの電極取出部に、最大実効電圧 V_{MAX} として、パルス幅500msで30Vのバイポーラ矩形波パルスを印加したところ、画素部分はすべてPL状態になり、緑色の光を反射した。

20 次に、20Vのバイポーラ矩形波パルスを印加した。これにより、FC状態による弱い散乱を呈し、表側から背景色である黒色が視認され、画素部分はすべて黒色となった。PL状態における緑色の全面反射率と、FC状態における黒色の全面反射率とで決まるコントラスト比は10であった。

25 次に、この液晶パネルを基板面に対して垂直方向から指で加圧したところ、加圧した部分は線間部分を含めてPL状態（反射状態）となった。そこで、再び実効値30Vのバイポーラ矩形波パルスを印加したところ、画素部分および線間部分のいずれも全面反射状態となった。

30 さらに、実効値20Vのバイポーラ矩形波パルスを印加したところ、今度は線間部分も含めて全体が黒となった。反射時の反射率を、このときの黒の反射率で割ったコントラスト比は10で変化が見られず、外力によって変化した表示内容を、再書き込みによりコントラストを低下させることなく再現できた。本実施例において、層厚 d は4 μm であるので、 $d \cdot V_{\text{MAX}} / 10 = 12$ となり、ストライプ電極の最大間隔 a との関係において10 μm 以上という条件を満たすものであった。

本例では、電圧パルスを1回のみ印加して表示状態を転移させたので、500

ms 程度の長いパルス幅を必要とした。良好なコントラスト比 (≥ 5) を維持しつつ、常温付近で使用する場合には、 $200\text{ms} \leq T \leq 600\text{ms}$ のパルス幅で駆動できる。 $0 \sim 70^\circ\text{C}$ の比較的広い温度範囲であり、かつ、少ない印加回数で駆動する場合には、 $500\text{ms} \leq T \leq 1000\text{ms}$ のパルス幅を用いればよい。

また、マルチプレックス駆動を行う場合には、スタティックな電圧パルスが2～3回印加される場合と、実効的にほぼ等しくなるので、パルス幅としては、 $10\text{ms} \leq T \leq 50\text{ms}$ の範囲で駆動できる。なお、液晶表示素子の用途によって求められるコントラスト比の条件が異なるので、その条件が緩和される場合（たとえば、コントラスト比 ≥ 3 ）には、上記の電圧パルスの電圧はより低い値に、または、上記のパルス幅はより短い値に設定できる。

なお、CL-LCD に電圧を印加して状態を転移させる方法、特に、三つの段階を経由してFC状態にリセットする駆動方法は、日本特許出願、特願2000-118942号に記載されており、本願はその内容を含むものである。

Example 2

ITOよりなる透明導電膜付き基板を2枚準備し、その一方の基板（以下、R板という。）を全面べたの電極とする。他方の基板（以下、F板という。）には、各々が、オン・オフ動作をすることによって0～9の数字を表示できる7つのセグメント電極D1と、背景となる部分に対応する背景電極D2を設けた（図4参照）。

セグメント電極と背景電極との最大間隔aを $12\mu\text{m}$ とし、電極パターンをエッチング形成した。そして、各基板の電極形成面側に電気絶縁層を形成した後、ポリイミドの樹脂溶液を塗布し、焼成して配向膜を形成した。実施例1と同様に表面を無配向とした。

この2枚の基板を対向させ、その対向面間に直径 $4\mu\text{m}$ のスペーサを撒布した後に、液晶注入口となる部分を除いて基板の4辺に、直径 $4\mu\text{m}$ の微量のガラスファイバーを含むエポキシ樹脂からなる周辺シール材を塗布し、2枚の基板を貼り合わせて液晶セルを作製した。

次に、ネマチック液晶 ($T_c = 9.7^\circ\text{C}$, $\Delta n = 0.242$, $\Delta \varepsilon = 13.8$)

6 6. 5 部、上記化学式 1 の光学活物質 1 6. 7 5 部、上記化学式 2 の光学活物質 1 6. 7 5 部からなるカイラルネマチック液晶組成物を調製して、真空注入法によって液晶セル内に注入した後、注入口を光硬化性樹脂で封止し、液晶パネルを形成した。

- 5 この液晶パネルの片方の基板面を艶消し黒の塗料で塗装した。そして、F 板の電極取出部の中から背景部に対応する電極取出部(端子部)を選択し、これと R 板の電極取出部との間に、パルス幅 5 0 0 m s、実効値 2 0 V のバイポーラ矩形波パルスを印加した。その結果、背景部はすべて黒表示(F C 状態)となった。本例でも単一の電圧パルスを印加して駆動を行った。

- 10 次に、「2」を表示する画素に対応する 5 つの電極取出部(端子部)に導電性粘着材付きの銅箔テープを貼って短絡状態とし、これと R 板の電極取出部との間に、パルス幅 5 0 0 m s、実効値 4 0 V のバイポーラ矩形波パルスを印加した。

その結果、上述した黒の背景部はそのまま、「2」の文字に対応する画素のみが明るい反射状態(P L 状態)となって、「2」の文字が正しく表示された。

- 15 次に、「2」の表示のときに非表示となる画素部分を含む部分を、基板面に対して垂直方向から指で加圧をした。その結果、加圧した部分は背景部や線間部分を含めて反射状態となった。そこで、再び背景電極に実効値 2 0 V のバイポーラパルスを印加し、続いて対応する画素電極に実効値 4 0 V のバイポーラ矩形波パルスを印加した。その結果、黒背景に「2」の文字に対応する画素のみが反射状態となって、「2」の文字が正しく表示された。

以上のように、外力によって変化した表示内容を、再書き込みにより正しい表示に復元できた。本例の層厚み d は $4 \mu\text{m}$ であるので、 $d \cdot V_{\text{MAX}} / 10 = 16$ となり、最大間隔 a との関係において $12 \mu\text{m}$ 以上という条件を満たすものであった。

- 25 なお、本例では共通電極の全面がべた電極として構成したが、7 セグメントを単位とする一つの桁毎に対応するように、共通電極を複数に分けて設けてもよい。

Comparative example 1

各基板に最大間隔 a を $30 \mu\text{m}$ とし、160 本のストライプ電極を平行配置し

た以外は、実施例 1 と同様にして液晶セルを作製した。層厚み d が $4\ \mu\text{m}$ であるので、ストライプ電極の最大間隔 a は層厚み d の 7.5 倍である。この液晶セルに実施例 1 と同じカイラルネマチック液晶組成物を注入し、その注入口を封止して液晶パネルを形成した。

- 5 この液晶パネルにおいても、実施例 1 と同様片方の基板面に艶消し用の黒色塗料を塗布した。また、電極取り出し部に導電性粘着材付きの銅箔テープを貼ってストライプ電極を短絡状態とした。

そして、実施例 1 と同様、パルス幅 500ms 、実効値 30V のバイポーラ矩形波パルスを印加したところ、画素部分はすべて反射状態（PL 状態）とな

10 た。

次に、実施例 1 と同様実効値 20V のバイポーラ矩形波パルスを印加したところ、画素部分はすべて黒（FC 状態）となり、先の反射時の全面反射率を、黒の全面反射率で割ったコントラスト比は 9 であった。

- 次に、実施例 1 と同様にして、この液晶パネルを基板面に対して垂直方向から指で加圧したところ、加圧した部分は線間部分を含めて反射状態となった。そこで、再び実効値 30V のバイポーラ矩形波パルスを印加したところ、本比較例 1 においては、画素部分は全面反射状態となったが、線間部分は変化がなく、全面が反射状態となった。

- さらに、実効値 20V のバイポーラ矩形波パルスを印加したところ、画素部分 20 は黒に転じたが、線間部分は反射状態のままであり、 30V のパルス印加後の反射率を、このときの黒の反射率で割ったコントラスト比は 4 であり、外力の印加によって変化した表示内容を再書き込みにより再現するとコントラスト比が大幅に低下した。

25

Example 3

AF-LCD を以下のようにして形成できる。ピッチ $350\ \mu\text{m}$ で、線間 $2\ \mu\text{m}$ の平行パターンを有する ITO 電極を一对の基板上にエッチング形成する。基板面には低プレチルト用配向膜を転写印刷法にて厚さ約 $300\ \text{\AA}$ となるように成膜し、コットン材質のラビング布（ヒロキ社製）を用いて、両基板の配向膜を互

いに逆方向にラビングする。基板の周辺にシール材を設け、表示部のセルギャップが約 $1.5 \mu\text{m}$ になるようにセルを形成し注入口を設ける。

- 反強誘電性液晶を空加温条件下で注入し注入部を封止する。リア側の基板には、ラビング方向と偏光軸が平行となるように偏光板を貼り、フロント側の基板には、リア側の偏光軸に対し直交するように偏光板を貼り合わせる。

そして、 V_{OP} として $100 V_{PP}$ 矩形波を液晶セルに印加することにより通電処理を行う。画素部分だけでなく、線間部分も通電処理がなされて液晶の配向が揃う。これによって、液晶表示素子の表示面全体における一様な配向処理を達成でき、所望の表示機能を提供できる。

Example 4

上記の液晶表示素子を用いて公衆表示用の液晶表示装置を作製できる。自動車の車内の計器表示を行うものである。高速表示および非常に広い視野角が求められるので、AF-LCDを用いることが好ましい。そして、自動車の走行速度、累積走行距離、およびバッテリーの充電量および時刻表示を同時に行うことができる。図8にその表示状態の一例を模式的に示す。液晶表示素子を組み込む際や、外的要因で液晶表示面の一部に配向乱れが生じても正常な表示に復元できる機能を有するものである。

Example 5

上記のCL-LCDを用いて、飛行場やターミナル駅における案内表示装置を作製できる。飛行機のフライト番号、発着地の呼び名、時刻および広告会社の名称を同時に表示するようにできる。一定の期間、電源を遮断したうえで、表示状態を維持できるのでエネルギーを節減できる。また、表示情報の書き換えが必要な場合には、即時表示を更新できる。図9にその表示状態の一例を模式的に示す。使用環境下によっては、表示面に外力が印加される可能性があるが、書き込みによって正常な表示に復元できる機能を有するものである。

Example 6

上記のCL-LCDを用いて、商品の価格を表示する表示装置を作製できる。
商品の取り扱いや、価格を表示できる。一定の期間、電源を遮断したうえで、表示状態を維持できるのでエネルギーを節減できる。また、表示情報の書き換えが必要な場合には、即時表示を更新できる。図10にその表示状態の一例を模式的
5 に示す。使用環境下によっては、表示面に外力が印加される可能性があるが、再書き込みによって正常な表示に復元できる機能を有するものである。

以上説明したように、本発明によれば、メモリ性を有する液晶層による液晶表示素子において、同一基板面内で互いに隣接する電極の最大間隔 a および層厚み d が、 $1.0 \cdot d \leq a \leq 4.0 \cdot d$ を満足するように構成する。これによって、
10 基本的な動作を実現できるだけでなく、使用環境下で安定した動作を連続して提供できるようになる。

液晶表示素子に対する外部要因により、たとえ表示が変化した場合にも、再書き込みを行うことによりコントラスト比を低下させることなく、表示内容を復元
15 できる。または、非表示部における表示の誤認を防止できる。